Iranian Journal of Pulses Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 104-121
Original Research; DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.86598

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره) ۱۲ شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوّم ۱۴۰۰
صفحهٔ ۱۲۱-۱۰۴، نوع مقاله: پژوهشی

تأثیر همزیستی میکوریزای آرباسکولار و شبه‌میکوریزای داخلی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.)

محمدجواد ارشدی[1*]، مهدی پارسا[2]، امیر لکزیان[3] و محمد کافی[4]

۱- دانش‌آموخته دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و عضو گروه پژوهشی بقولات پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ parsa@um.ac.ir
۳- استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛ alakzain@yahoo.com
۴- استاد گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی و عضو گروه پژوهشی بقولات پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد؛
mkafi36@yahoo.com

تاریخ‌ها:
دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۰۷، بازنگری: ۱۳۹۹/۰۴/۲۰، پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۳؛ انتشار آنلاین مقاله: ۱۴۰۰/۱۰/۰۱

نحوه ارجاع به مقاله:
ارشدی، م.ج.، پارسا، م.، لکزیان، ا.، و کافی، م. ۱۴۰۰. تأثیر همزیستی میکوریزای آرباسکولار و شبه‌میکوریزای داخلی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.). پژوهش‌های حبوبات ایران ۱۲(۲): ۱۲۱-۱۰۴.

چکیده

به منظور بررسی اثر تلقیح بذور ژنوتیپ‌های نخود با میکوریزای آرباسکولار و شبه‌میکوریزای داخلی بر روی عملکرد و برخی خصوصیات فیزیولوژیک نخود، آزمایشی به‌صورت اسپیلت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل‌تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به اجرا در آمد. فاکتور اصلی در سه سطح شامل میکوریزای آرباسکولار گونهٔ *Glomus mosseae* و شبه‌میکوریزای داخلی گونهٔ *Piriformospora indica* و عدم مصرف کود و فاکتور فرعی شامل ۹ ژنوتیپ نخود بود. نتایج نشان داد که *G. mosseae* از اواسط فصل رشد به‌طور معنی‌داری باعث افزایش سطح برگ و ماده خشک گیاه نخود گردید. ژنوتیپ MCC537 از اوایل فصل رشد از نظر سطح برگ و ماده خشک، برتری مشهودی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت. میکوریزای آرباسکولار سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل‌های a و b، کاروتنوئیدها و سبزینگی برگ گردید، اما سطوح میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر روی میزان کلروفیل کل نداشتند. بیشترین مقدار کلروفیل a در ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427، MCC693 و MCC392، بیشترین مقدار کلروفیل کل در ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427، MCC392، MCC693 و MCC80 به ترتیب به میزان ۰/۶۲۰، ۰/۶۱۲، ۰/۵۷۴، ۰/۵۶۴ و ۰/۵۶۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، بیشترین مقدار کاروتنوئید در ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427 و MCC392 و بالاترین شاخص سبزینگی به ترتیب به میزان ۳۳/۸، ۳۱/۷ و ۲۹/۹ در ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427 و MCC392 مشاهده شد. بیشترین میزان عملکرد دانه در ژنوتیپ MCC537 و شرایط کاربرد *G. mosseae* مشاهده شد که در مقایسه با شرایط عدم مصرف قارچ ۳۱ درصد بیشتر بود. در مجموع به نظر می‌رسد که میکوریزای آرباسکولار می‌تواند سبب بهبود خصوصیات فیزیولوژیک نخود شده و در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، MCC537، MCC427 و MCC392 از نظر ویژگی‌های فیزیولوژیک مورد مطالعه برتری داشتند.

واژه‌های کلیدی: شاخص سبزینگی؛ کاروتنوئید؛ کلروفیل

مقدمه

افزایش تقاضا برای غذا در دنیا، کشاورزان را وادار کرده است تا نسبت به زیرکشت‌بردن اراضی دارای شرایط نامساعد مبادرت ورزند. این وضعیت به ویژه در مورد حبوبات که اغلب نسبت به محصولات پُردرآمدتری مانند غلات در مرتبه بعدی قرار دارند، نمود بیشتری دارد (Arshadi *et al.*, 2017). به همین جهت چنانچه افزایش عملکرد حبوبات و یا ثبات عملکرد آن‌ها تحت شرایط نامساعد مدنظر باشد، بایستی عمده فعالیت

* **نویسنده مسئول:** javad_arshadi24@yahoo.com

های به‌نژادی و به‌زراعی بر روی مقاوم‌کردن ارقام مختلف حبوبات به شرایط نامساعد محیطی متمرکز شوند. یکی از عواملی که احتمالاً بتواند در افزایش عملکرد گیاه حبوبات مؤثر باشد، همزیستی آن با قارچ میکوریزا است (Arshadi *et al.*, 2017). قارچ‌های میکوریزا در تأمین زیستی فسفر برای گیاه نقش به‌سزایی دارند. از بین آن‌ها، میکوریزاهای داخلی (یا وزیکولار-آرباسکولارها) که به اختصار به VAMها[۱] شهرت یافته‌اند، در برقراری همزیستی با ریشه گیاهان زراعی از جمله لگوم‌ها موفق‌تر بوده‌اند؛ چرا که آن‌ها نیز با دریافت کربن تثبیت شدهٔ فتوسنتزی، عناصر غذایی را به فرم قابل‌جذب برای گیاه درمی‌آورند (Koocheki *et al.*, 2005; Shrimant Shridhar, 2012). همچنین قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم، قبل از این که هریک با گیاه میزبان، همزیستی ایجاد کنند، در محیط ریزوسفری گیاه میزبان مستقیماً بر روی هم تأثیر می‌گذارند (Ford Denison & Toby Kiers, 2011). میکوریزاها هم در ایجاد شرایط مساعد برای تولید گره‌های ریزوبیومی بر روی ریشه و هم در فراهمی بیشتر فسفر برای آنزیم نیتروژناز موجود در باکتری‌های ریزوبیوم نقش دارند. در مقابل، ریزوبیوم‌ها در جذب بهتر نیتروژن و به دنبال آن سنتز بیشتر اسیدهای آمینه و فراهمی اسیدهای آمینه مورد نیاز میکوریزاها نقش دارند (Koocheki *et al.*, 2005; Diouf *et al.*, 2003)؛ با این حال به نظر می‌رسد که این رابطه همزیستی بین گیاه، ریزوبیوم و میکوریزا می‌تواند چه در شرایط نرمال و چه در شرایط نامطلوب، در ارتقای میزان تولید محصول مؤثر باشد.

مطالعات نشان داده‌اند که VAMها (که جدیداً به AMFها[۲] نامگذاری شده‌اند) عموماً از گروه زیگومایست‌ها بوده و قارچ‌های اکتومیکوریزا عمدتاً جزء گروه بازیدیومایست‌ها هستند (Singh, 2000; Asadi Rahmani *et al.*, 2007). اما اخیراً یک گونهٔ جدید از بازیدیومایست‌ها با نام *Piriformospora indica* شناسایی شده که همانند AMFها عمل کرده و اندوفیت می‌باشد و بر خلاف سایر هم‌گروه‌های خود، به داخل ریشه گیاه میزبان نفوذ پیدا می‌کند (Verma *et al.*, 1998; Arshadi *et al.*, 2017)، به همین دلیل اصطلاحاً به آن شبه‌میکوریزای داخلی نیز می‌گویند. تحقیقات انجام‌شدهٔ اخیر حکایت از افزایش تحمل گیاهان زراعیِ همزیست‌شده با این سویه جدید، در شرایط محیطی مختلف دارند (Stein *et al.*, 2008; Waller *et al.*, 2005; Kari Dolatabadi & Mohamadi Galtapeh, 2010; Baltruschant *et al.*, 2008).

در ایران، نخود در بین حبوبات بیشترین سطح زیرکشت را به خود اختصاص داده است. این در حالی است که میانگین عملکرد نخود آبی و دیم کشور به ترتیب در حدود ۱۰۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده که نسبت به سایر کشورهای تولیدکننده این محصول، عملکرد پایینی است (Alimadadi *et al.*, 2010). البته در سال‌های اخیر، پژوهشگران زیادی بر روی شناسایی و معرفی ارقام با پتانسیل عملکرد بیشتر در محصول نخود تحقیق کرده و در این زمینه به موفقیت‌هایی دست یافته‌اند (جدول ۱). به عنوان مثال ژنوتیپ توده بومی گناباد که دارای پتانسیل عملکرد بالایی است، حاصل تحقیقات Ganjeali *et al.*, (2011a) بوده است.

Kapoor *et al.*, (2004) نشان دادند که همزیستی ریشهٔ رازیانه با دو گونهٔ قارچ VAM به‌طور معنی‌داری سبب بهبود گلدهی (تعداد چتر)، وزن۱۰۰۰دانه، بیوماس و عملکرد دانه رازیانه گردید. Rasae *et al.*, (2013) در تحقیقات خود بر روی کاهش اثرات تنش خشکی در گیاه نخود از طریق به کارگیری هیومیک اسید، ریزوبیوم و میکوریزا (گونهٔ *Glomus intraradices*) اظهار داشتند که کاربرد ریزوبیوم، هیومیک اسید و آبیاری تکمیلی در بهبود صفات فیزیولوژیک گیاه نخود (کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، سطح برگ و قندهای محلول) مؤثر بودند، اما کاربرد میکوریزا تأثیری در بهبود این صفات نداشت. در تحقیقی دیگر، Prajapati *et al.*, (2008) گزارش کردند که گیاهان برنج تلقیح‌شده با *Piriformospora indica* از نظر تمام شاخص‌های رشدِ اندازه‌گیری‌شده در مراحل رشد رویشی و زایشی نسبت به شاهد برتری داشتند.

تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر تلقیح بذور ژنوتیپ‌های مختلف نخود با قارچ‌های AMF و شبه‌میکوریزای داخلی بر روی برخی خصوصیات فیزیولوژیک گیاه نخود انجام گردید.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت اسپلیت پلات (کرت‌های خردشده) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا در آمد. فاکتور اصلی در سه سطح شامل میکوریزای AMF گونهٔ *Glomus mosseae*،

---

۱. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza

۲. Arbuscular Mycorrhizal Fungi

شبه‌میکوریزای داخلی گونهٔ *Piriformospora indica* و عدم مصرف کود و فاکتور فرعی شامل ۹ ژنوتیپ نخود که از پتانسیل عملکرد خوبی برخوردار بودند، بود. این ژنوتیپ‌ها طی مطالعات انجام‌شده بر روی ژرم‌پلاسم متعلق به بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، گزینش و معرفی شده‌اند (جدول ۱). قبل از انجام عملیات کاشت، از خاک مزرعه در عمق ۳۰ سانتی‌متری، نمونه‌برداری شده و صفات pH، درصد ماده آلی، بافت خاک، EC، مقدار عناصر ماکرو (N، P و K) و مقدار عناصر میکرو (Fe، Zn ، Cu، و Mn) تعیین شدند (جدول ۲). بافت خاک محل آزمایش از نوع سیلت‌لومی بود. بر اساس توصیه کودی آزمایشگاه خاک مقدار عناصر فسفر و پتاسیم خاک در حد متعادل قرار داشت و نیازی به مصرف کودهای فسفره و پتاسه نبود. اما قبل از کاشت، ۴۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به عنوان استارتر و ۲۰ تن در هکتار کود دامی جهت افزایش کربن آلی خاک استفاده شد. پس از انجام عملیات آماده‌سازی زمین (شامل شخم، دیسک، تسطیح و ایجاد جوی و پشته)، کاشت در تاریخ ۲۰ اسفند ماه سال ۱۳۹۲ در وسط پشته انجام گردید. فاصلهٔ روی ردیف ۱۰سانتی‌متر و فاصلهٔ بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر بود و در هر کرت پنج ردیف منظور شد که دو ردیف کناری به عنوان حاشیه بودند. طول کرت‌ها ۷/۵ متر بود و در هر ردیف ۷۵ عدد بذر به‌صورت دستی در عمق پنج سانتی‌متر کشت گردید. بذور ابتدا با محلول هیپوکلریت سدیم پنج درصد، ضدعفونی و سپس با آب مقطر شسته شدند. جهت آلوده‌کردن بذور به باکتری ریزوبیوم همزیست نخود[1]، مایه تلقیح تجاری این باکتری از شرکت زیست‌فناوری مهر آسیا در تهران تهیه شد و مطابق با روش توصیه‌شده توسط این شرکت، به‌صورت بذرمال، به‌طور یکسان برای کلیه تیمارها مورد استفاده قرار گرفت (Izadi Darbandi & Akram, 2012). به منظور آلوده‌کردن خاک مزرعه به قارچ *Glomus mosseae*، این قارچ از کلینیک گیاه پزشکی ارگانیک در همدان تهیه شد و مطابق با روش توصیه شده توسط این شرکت، قبل از کاشت بذور، در تیمارهای مورد نظر ۳۰ گرم از خاک آلوده به میسیلیوم قارچ مذکور در محل قرارگیری بذر بر روی پشته ریخته شد (Kamaei, 2014) و برای آلوده‌کردن خاک مزرعه به قارچ *Piriformospora indica* ، بذور جوانه‌زدهٔ ۲روزهٔ نخود در محیط مایهٔ حاوی این قارچ، غوطه‌ور شده و سپس مورد کشت قرار گرفتند (Harrach, 2009). محیط کشت قارچ پیریفورموسپورا ایندیکا جهت تکثیر، به‌صورت محیط کشت جامد آماده‌سازی گردید (Kumar *et al.*, 2011; Namvar, 2014). سپس قارچ پیریفورموسپورا ایندیکا بر روی پلیت‌ها تلقیح و پتری‌ها جهت تکثیر قارچ به گرم‌خانه منتقل شدند.

در طول فصل رشد، سه مرتبه عملیات وجین در تاریخ های ۱۷ و ۲۳ اردیبهشت‌ماه و ۴ خردادماه و دو مرتبه عملیات سمپاشی با سم دیازینون جهت مبارزه با کرم هلیوتیس با غلظت یک در هزار در تاریخ های ۲۴ و ۳۰ اردیبهشت‌ماه به‌طور یکسان برای کرت‌های آزمایشی صورت پذیرفت. برای کلیهٔ تیمارها آبیاری در سه مرحلهٔ پس از کاشت، شروع گلدهی و غلاف‌دهی انجام گردید (هنگامی که سه بوته از سه ردیف میانی هر کرت به گل رفته بودند، شروع گلدهی و زمانی که سه بوته از سه ردیف میانی هر کرت دارای غلاف شده بودند، شروع غلاف‌دهی تلقی گردید (IBPGR., ICRISAT & ICARDA, 1993).

میزان کلروفیل‌های a، b و کل و همچنین کاروتنوئیدهای برگ‌ها نیز در زمان ۵۰ درصد گلدهی با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (Wellburn, 1994) تعیین گردید. (وقوع ۵۰درصد گلدهی زمانی است که نصف بوته‌های سه ردیف میانی هر کرت، گل‌دار شده باشند (IBPGR., ICRISAT & ICARDA, 1993). در طول فصل رشد در تاریخ‌های ۳۲، ۵۱، ۶۵، ۷۵، ۸۱ و ۸۷ روز پس کاشت، سه بوته از نیمه بالایی هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب گردید و ابتدا سطح برگ، با دستگاه ارزیابی سطح برگ (مدل Li-1300) اندازه‌گیری شد، سپس ماده خشک بوته از طریق قرارگرفتن آن‌ها در دمای ۷۵درجهٔ سانتی‌گراد در آون به مدت ۴۸ ساعت ارزیابی گردید. در اواسط گلدهی شاخص سبزینگی برگ‌ها به‌وسیلهٔ دستگاه SPAD مورد ارزیابی قرار گرفت؛ بدین ترتیب که قرائت‌گیری از سه بوته در هر کرت انجام گردید و برای قرائت‌گیری با دستگاهSPAD، از برگچهٔ نوک در اولین برگ کاملاً توسعه‌یافته از قسمت بالای ساقه استفاده شده و به ازای هر گیاه فقط یک قرائت‌گیری انجام گردید. اندازه‌گیری‌ها در یک نقطه مرکزی روی برگچه بین رگبرگ اصلی و حاشیه برگ انجام شدند. در نیمه پایینی هر کرت که به ارزیابی عملکرد اختصاص یافته بود، بوته‌ها پس از حذف حاشیه برداشت و پس از کوبیدن و جداسازی دانه‌ها، عملکردهای بیولوژیک و دانه به تفکیک اندازه‌گیری شده و از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک،

---
۱. *Mesorhizobium ciceri*

شاخص برداشت محاسبه و برحسب درصد گزارش گردید. ژنوتیپ MCC80 در تاریخ ۳۱ خردادماه ۱۳۹۳، ژنوتیپ‌های MCC358، MCC361، MCC392، MCC693، MCC696، MCC427 و MCC950 در ششم تیرماه و ژنوتیپ MCC537 در هشتم تیرماه ۱۳۹۳ آماده برداشت شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها و رسم گراف‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزارهای EXCEL و MSTAT-C صورت پذیرفت. مقایسات میانگین نیز با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

جدول ۱- مشخصات ژنوتیپ‌های نخود مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Traits of chickpea genotypes used in experiment

کدشناسه دربانک بذر پژوهشکده گیاهی **Identifying code in seed bank of plant Institute**	منبع مورد استفاده **Used sources**	منشأ و نام ژنوتیپ **Origin and name of genotype**
MCC[1] 80	Ganjeali *et al*., 2011(a)	Iran, 5311-ایران، ۵۳۱۱
MCC 358	Ganjeali & Bagheri, 2010	Iran, Karaj cultivar -ایران، رقم کرج
MCC 361	Ganjeali & Bagheri, 2010	Iran, Jam cultivar -ایران، رقم جم
MCC 392	Ganjeali *et al*., 2011(a)	Iran, native lot of Kermanshah -ایران، توده بومی کرمانشاه
MCC 427	Ganjeali *et al*., 2011(b)	Iran, native lot of Bojnurd -ایران، توده بومی بجنورد
MCC 537	Ganjeali *et al*., 2011(a)	Iran, native lot of Gonabad -ایران، توده بومی گناباد
MCC 693	مذاکرات شخصی (پُرسا، ح. ۱۳۹۳؛ مسئول بانک بذر) Personal negotiations (Seed Bank Manager)	Iran -ایران
MCC 696	Abrishamchi *et al*., 2012	Iran -ایران
MCC 950	Mansoorifar *et al*., 2012	Iran, Hashem cultivar -ایران، رقم هاشم

جدول ۲- مشخصات خاک محل آزمایش

Table 2. Traits of soil of experiment location

اسیدیته **pH**	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس برمتر) **EC (dS/m)**	نیتروژن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **N (ppm)**	فسفر (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **P (ppm)**	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **K (ppm)**	آهن (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **Fe (ppm)**	مس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **Cu (ppm)**	روی (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **Zn (ppm)**	منگنز (میلی‌گرم بر کیلوگرم) **Mn (ppm)**	ماده آلی (٪) **OC (%)**	شن (٪) **Sand (%)**	سیلت (٪) **Silt (%)**	رس (٪) **Clay (%)**
7.29	4.26	861	38	413	7.620	1.516	1.410	17.152	0.87	29.13	65.34	5.53

نتایج و بحث

کلروفیل

اثر سطوح کود زیستی بر روی کلروفیل a برگ نخود در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مقدار کلروفیل a برگ به‌طور معنی‌داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود و این تیمار در مقایسه با دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی کلروفیل a برگ را به ترتیب به میزان ۱۱/۵۳ و ۱۲/۳۰ درصد افزایش داد. اما دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی، از این نظر در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل ۱). تأثیر کلروفیل a به عنوان فاکتور اصلی مراکز واکنش فتوسنتزی و نقش کلروفیل b در قالب رنگریزۀ آنتنی و پدیدۀ قیف انرژی دیر زمانی است که شناخته شده است (Taiz & Zeiger, 2006) و افزایش مقادیر آن‌ها بواسطۀ استفادۀ تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا، در افزایش سرعت و میزان فتوسنتز و به دنبال آن ارتقای ظرفیت فتوسنتزی گیاه نخود تأثیرگذار خواهد بود (Kafi *et al*., 2010). این موضوع افزایش ماده خشک تولیدی گیاهان نخودِ تیمارشده با ریزوبیوم و میکوریزا را منطقی جلوه می‌دهد. با این حال، با توجه به معنی‌داری اثر تیمار ریزوبیوم و

---
۱. Mashhad Chickpea Collection

میکوریزا بر روی مقادیر کلروفیل‌های a و b غیرمعنی‌دارشدن مقدار کلروفیل کل در گیاهان تحت تیمارهای کودهای زیستی، برای محقق این پژوهش قابل توجیه نبود. با این وجود، با توجه به این که صفات مذکور دارای ضریب تغییرات پایینی هستند، لذا علت غیرمعنی‌دارشدن آن‌ها نمی‌تواند خطای آزمایش قلمداد شود (Farshadfar & Javadi Niya, 2011).

اثر ژنوتیپ‌های نخود بر روی کلروفیل a برگ آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳)؛ به‌طوری‌که ژنوتیپ MCC537 با مقدار ۰/۳۱۰۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم بیشترین میزان کلروفیل a را از خود نشان داد، اما ژنوتیپ‌های MCC427، MCC392، MCC696 و MCC693 به همراه ژنوتیپ MCC537 از این نظر در یک کلاس آماری قرار گرفتند. همچنین بین مقدار کلروفیل a ژنوتیپ‌های MCC358، MCC361، MCC80 و MCC950 اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲-الف). علاوه بر این، اثر متقابل کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی کلروفیل b برگ آن در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳)، اما اختلاف ناچیزی از این نظر بین تیمارهای مورد بررسی وجود داشت، به‌طوری‌که در بین تیمارهای مورد بررسی، ۱۱ تیمار در یک گروه آماری قرار گرفتند. با این وجود، برای دو ژنوتیپ MCC696 و MCC950 مصرف کودهای میکوریزایی سبب افزایش کلروفیل b برگ نشد (جدول ۴). همچنین ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427، MCC358، MCC80 و MCC392 در سطوح مختلف کود زیستی، کلروفیل b بالایی را از خود نشان دادند که حاکی از پتانسیل بالای این ژنوتیپ‌ها در سنتز کلروفیل b می‌باشد (جدول ۴). اثر ژنوتیپ‌های نخود بر روی کلروفیل کل برگ آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین میزان کلروفیل کل در ژنوتیپ MCC537 و کمترین آن در ژنوتیپ MCC950 مشاهده گردید، اما بین ژنوتیپ‌های MCC537، MCC427، MCC693، MCC80 و MCC392 و همچنین بین ژنوتیپ های MCC950، MCC696، MCC361 و MCC358 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۲-ب). با توجه به این‌که سه ژنوتیپ MCC537، MCC427 و MCC392 از نظر هر سه نوع کلروفیل a، b و کل بالاترین میزان‌ها را به خود اختصاص دادند، به نظر می‌رسد که این سه ژنوتیپ از نظر تولید کلروفیل، از پتانسیل‌های بالایی برخوردار باشند.

کاروتنوئیدها

اثر سطوح کود زیستی بر روی کاروتنوئیدهای برگ نخود در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مقدار کاروتنوئیدهای برگ به‌طور معنی داری بیشتر از دو تیمار دیگر بود و این تیمار در مقایسه با دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی کاروتنوئیدهای برگ را به ترتیب به میزان ۴/۷۱ و ۴/۶۲ درصد افزایش داد. اما، بین دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل۳). کاروتنوئیدها گروه بزرگی از مولکول‌های ایزوپرونوئید هستند که توسط تمامی اندام‌های فتوسنتزی و بسیاری از اندام‌های غیرفتوسنتزی ساخته می‌شوند. کاروتنوئیدها به کاروتن‌های هیدروکربنی مانند لیکوپن و بتاکاروتن یا گزانتوفیل‌ها تقسیم‌بندی می‌شوند (Kafi *et al.*, 2010). به نظر می‌رسد که مصرف تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا در تأمین سوبسترای لازم برای بیوسنتز کاروتنوئیدها موفق‌تر از دو تیمار دیگر عمل کرده است. Parsa Motlagh *et al,* (2011) نیز در گزارش‌های خود، تأثیر معنی‌دار قارچ‌های *G. mosseae* و *G. intraradisces* بر افزایش غلظت کاروتنوئیدهای لوبیا را در مقایسه با شاهد (عدم مصرف قارچ) بیان نمودند. البته این محققان بین تأثیر این دو سویه قارچ بر روی غلظت کاروتنوئیدها اختلاف معنی‌داری ملاحظه نکردند.

اثر ژنوتیپ‌های نخود بر روی کاروتنوئیدهای برگ آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳)، به‌طوری‌که بیشترین میزان کاروتنوئید در ژنوتیپ MCC537 و کمترین آن در ژنوتیپ MCC950 مشادهد گردید. اما بین ژنوتیپ‌های MCC537، MCC247 و MCC392 همچنین بین ژنوتیپ های MCC950، MCC696، MCC361 و MCC358 اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (شکل ۴). با توجه به این‌که سه ژنوتیپ MCC537، MCC427 و MCC392 از نظر غلظت کاروتنوئیدها بالاترین میزان را به خود اختصاص دادند، چنین برمی‌آید که این سه ژنوتیپ از نظر تولید کاروتنوئید، از پتانسیل بالایی برخوردار باشند. این نتایج نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های مختلف نخود از نظر تولید رنگیزه های فتوسنتزی قابلیت‌های متفاوتی با هم دارند. Kafi *et al,* (2010) نیز در مطالعاتشان بر روی بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی متغیرهای فیزیولوژیک ۱۱ ژنوتیپ نخود، تغییرات فاحشی را در

ژنوتیپ‌های مورد تحقیق خود مشاهده نمودند. این پژوهشگران بیشترین مقدار کاروتنوئید را در سطح شوریِ dS/m ۱۲، بـرای ژنوتیـپ‌هـای MCC674، MCC544 و MCC783 گـزارش کردند.

در تحقیقی دیگـر، پاسـخ‌هـای فیزیولـوژیکی ۳۵ ژنوتیـپ نخود در دو شرایط تنش خشکی و عدم تنش مورد بررسی قـرار گرفتنـد. در ایـن مطالعـه مقـدار کاروتنوئیـد، در ژنوتیـپ‌هـای Flip03-63C، Flip03-87C، Flip05-59C، Flip05-153C، Flip05-74C و Flip05-143C در شـــرایط تـــنش خشکی کاهشی از خود نشان نداد (Talebi *et al.*, 2013).

پروتئین بافت‌های گیاهی

اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ بر غلظت پروتئین در بافت‌های گیاهی نخود معنی‌دار شد (جدول ۳)، به‌طوری‌کـه بیشـــترین غلظـــت پـــروتئین در دو ژنوتیـــپ MCC537 و MCC427 تحت شرایط مصرف ریزوبیوم به همراه میکوریزا (به ترتیب به میزان ۱۴/۹۴ و ۱۶/۱۲ میلی‌گـرم بـر گـرم) مشـاهده گردید.

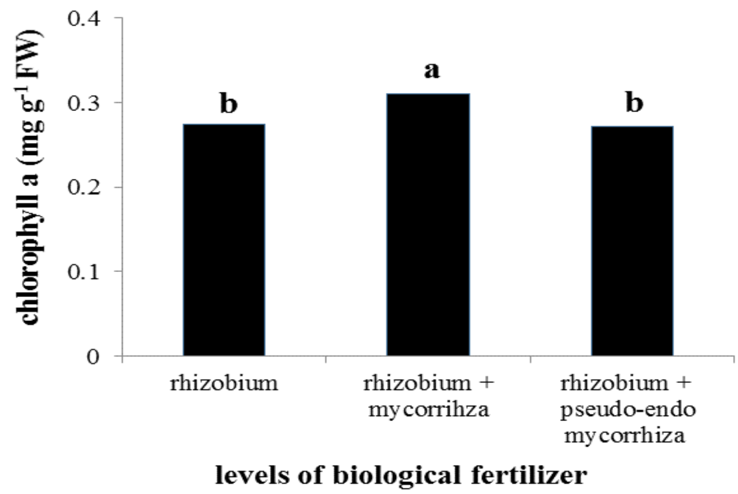
جدول ۴- اثرات متقابل کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی صفات کلروفیل b، پروتئین بافت‌های گیاه، عملکردهای بیولوژیک و دانه و شاخص برداشت

Table 4. Mean comparisons for interactions of biological fertilizer and chickpea genotypes on chlorophyll b, protein of plant tissues, biological yield, seed yield and harvest index

کود زیستی Biological fertilizer	ژنوتیپ genotype (MCC)	کلروفیل b Chlorophyll b ($mg\ g^{-1}$ FW)	عملکرد دانه Seed yield ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم‌درهکتار) Biological yield ($Kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) HI (%)	پروتئین بافت‌های گیاه Protein of plant tissues ($mg\ g^{-1}$)
ریزوبیوم Rhizobium	696	0.243 c-f	1134 i-k	4340 ijkl	26.15 hi	7.856 c-f
	358	0.256 a-f	925 kl	4026 klmn	23.00 jk	6.285 ef
	361	0.213 fg	876 kl	3979 lmno	22.01 k	6.747 d-f
	693	0.150 g	1370 g-j	4530 hij	30.23 f	8.950 b-f
	950	0.228 ef	790 l	4329 ijkl	25.17 hij	7.022 c-f
	392	0.283 a-f	1907 de	5132 ef	37.14 cd	8.835 b-f
	80	0.291 a-f	1488 gh	3837 no	38.77 abc	6.743 d-f
	427	0.308 a-e	1957 c-e	5330 de	36.70 cd	10.200 b-d
	537	0.301 a-e	2085 b-e	5486 cde	37.99 bcd	11.510 b
ریزوبیوم + میکوریزا Rhizobium + Mycorrihza	696	0.235 d-f	1187 h-k	4455 ij	26.64 gh	8.975 b-f
	358	0.259 a-f	1285 h-j	4429 ij	28.96 fg	7.506 c-f
	361	0.246 b-f	1185 h-k	4278 ijklm	27.71 fgh	7.581 c-f
	693	0.329 a	1431 g-i	4912 fg	29.10 fg	10.410 bc
	950	0.228 h-j	1124 i-k	4366 ijk	25.67 hij	7.635 c-f
	392	0.325 ab	2352 b	5823 c	40.39 ab	7.856 c-f
	80	0.315 ab	1615 fg	3947 mno	40.92 a	6.814 d-f
	427	0.301 e	2226 bc	6596 b	33.74 e	14.940 a
	537	0.326 b-d	2730 a	7180 a	38.02 bcd	16.120 a
ریزوبیوم + شبه‌میکوریزای داخلی Rhizobium + Pseudo-endo mycorrihza	696	00.241 h-j	1085 j-l	4220 jklm	25.68 hij	7.169 c-f
	358	0.254 i-k	924 kl	3925 mno	23.62 ijk	5.579 f
	361	0.255 f-h	1094 j-l	3926 mno	27.87 fgh	6.208 ef
	693	0.251 f	1375 g-j	4613 ghi	29.81 f	8.431 b-f
	950	0.232 f	1347 g-j	4550 hij	29.60 f	6.454 ef
	392	0.296 cd	1817 ef	4866 fgh	37.32 cd	7.850 c-f
	80	0.280 de	1302 h-j	3650 o	35.66 de	6.733 d-f
	427	0.303 a-c	2099 b-e	5359 de	39.16 abc	9.002 b-f
	537	0.302 a-c	2203 b-d	5674 cd	38.82 abc	9.506 b-e

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد (برای کلروفیل b) و در سطح یک درصد (برای سایر صفات) با یکدیگر ندارند.

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 5% (for chlorophyll b) and 1% (for other traits).

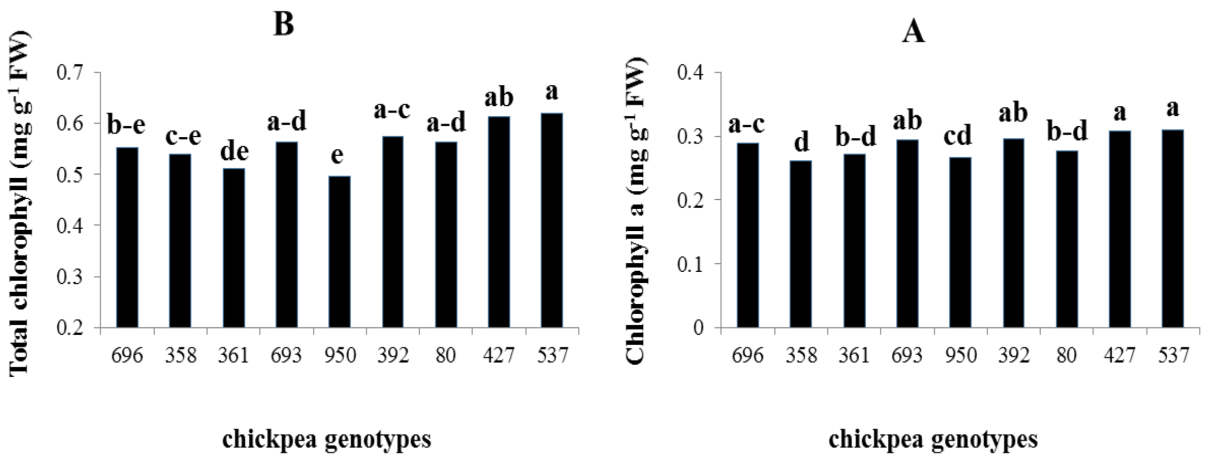


شکل ۱- اثر سطوح کود زیستی بر کلروفیل a نخود

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 1. Effects of biological fertilizer on chlorophyll a of chickpea

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 1%.



شکل ۲- اثر ژنوتیپ بر روی مقادیر کلروفیل نخود

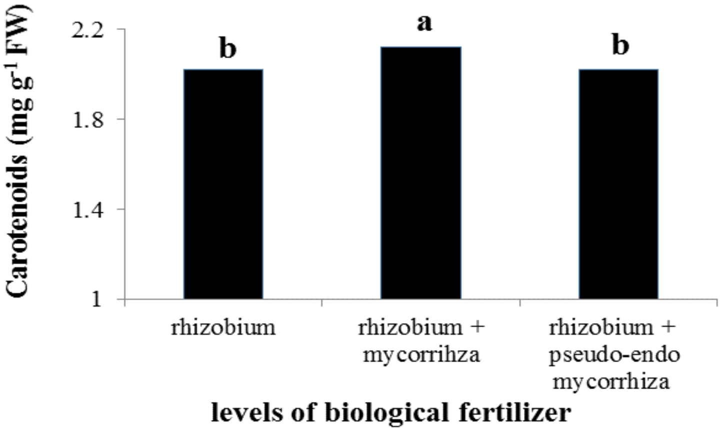
الف و ب، به ترتیب اثر ژنوتیپ بر مقدار کلروفیل‌های a و کل هستند.

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 2. Effect of chickpea genotypes on contents of chickpea chlorophyll

A and B are effects of chickpea genotypes on chlorophyll a and total chlorophyll, respectively.

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 1%.

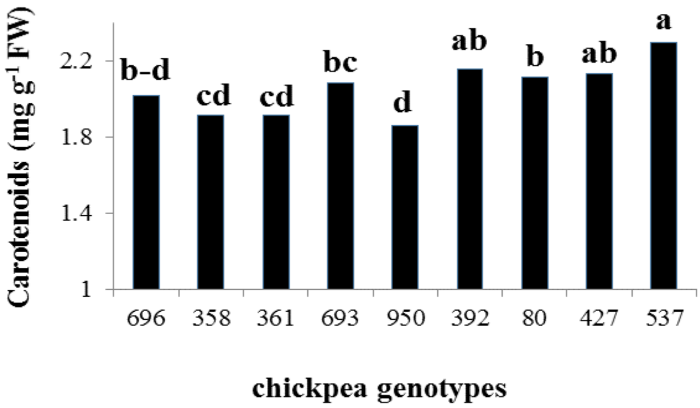


شکل ۳- اثر سطوح کود زیستی بر روی میزان کاروتنوئیدهای برگ نخود

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 3. Effect of biological fertilizer on contents of leaf carotenoids of chickpea

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 5%.



شکل ۴- اثر ژنوتیپ بر روی مقدار کاروتنوئید برگ نخود

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 4. Effect of chickpea genotypes on contents of leaf carotenoids of chickpea

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 1%.

در سایر تیمارها میزان پروتئین بافت‌های گیاهی حتی به ۱۱/۶ میلی‌گرم بر گرم هم نرسید. البته ۲۱ تیمار از ۲۷ تیمار مورد بررسی در این تحقیق، از نظر غلظت پروتئین در بافت‌های گیاهی در یک گروه آماری قرار گرفتند (جدول ۴). با این وجود، مصرف میکوریزا به همراه ریزوبیوم توانست در دو ژنوتیپ MCC537 و MCC427 سبب افزایش معنی‌دار میزان پروتئین در بافت‌های گیاهی گردد. به نظر می‌رسد که کاربرد میکوریزا به همراه ریزوبیوم به واسطهٔ تأمین عناصر غذایی لازم (خصوصاً نیتروژن) برای سنتز پروتئین در بافت‌های گیاهی، باعث افزایش پروتئین‌های گیاهی در دو ژنوتیپ MCC537 و MCC427 شده است. در همین راستا، Mehr (2011) Puyan & Shirani Rad در بررسی تثبیت بیولوژیکی

نیتروژن در نژادهای بومی و غیربومی لوبیا گزارش کردند که بیشترین درصد پروتئین دانه از تلقیح بذور با نژاد L-125 و کمترین آن در تیمار عدم تلقیح و کود به دست آمد. Naseri *et al*, (2011) نیز در گزارش خود، تفاوت‌های معنی داری را بین سه رقم نخود از نظر پروتئین دانه، تحت تیمارهای تاریخ کاشت و تراکم بوته عنوان کردند.

شاخص سبزینگی

اثر سطوح کود زیستی بر روی شاخص سبزینگی برگ‌های نخود در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که شاخص سبزینگی در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا به‌طور معنی‌داری نسبت به دو تیمار دیگر برتری داشت و در این تیمار در مقایسه با دو تیمار مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی شاخص سبزینگی به ترتیب به میزان ۸/۰۳ و ۱۱/۳۹ درصد بیشتر بود (شکل ۵). با توجه به برتری تیمار ریزوبیوم و میکوریزا در خصوصیات نیتروژن بافت‌های گیاهی و کلروفیل برگ (خصوصاً کلروفیل a)، برتری این تیمار در صفت شاخص سبزینگی نسبت به دو تیمار دیگر منطقی به نظر می‌رسد. چرا که نیتروژن جزء لاینفک ساختمان کلروفیل بوده و کلروفیل‌مترِ SPAD-502 نیز مقدار کلروفیل پهنک برگ را که تخمینی از مقدار نیتروژن برگ است نشان می‌دهد. Ghalavand *et al*, (2012) نیز در تحقیقات خود بر روی کاربرد چهار ترکیب کود زیستی باکتری های باسیلوس[1] و سدوموناس[2] (B_1)، قارچ تریکودرما[3] (B_2)، مصرف تلفیقی باکتری‌های باسیلوس و سدوموناس و قارچ تریکودرما (B_3) و عدم مصرف باکتری‌های باسیلوس و سدوموناس و قارچ تریکودرما به عنوان شاهد (B_4) را بر روی عملکرد و اجزای عملکرد نخود گزارش کردند که مصرف تلفیقی باکتری‌های باسیلوس و سدوموناس و قارچ تریکودرما سبب افزایش معنی‌دار شاخص سبزینگی که معیاری از کلروفیل برگ است، گردید. آن‌ها این موضوع را به تأثیر مثبت باکتری‌های باسیلوس و سدوموناس و قارچ تریکودرما بر روی فعالیت ریزوبیوم در محیط ریزوسفر نخود و فراهمیِ بیشتر عناصر مؤثر در ساختمان و تشکیل کلروفیل مانند منیزیم و خصوصاً نیتروژن نسبت دادند.

اثر ژنوتیپ‌های نخود بر روی شاخص سبزینگی برگ‌های آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳)، به‌طوری‌که ژنوتیپ MCC537 با مقدار ۳۳/۸۴، بیشترین قرائت SPAD را از خود نشان داد. البته این ژنوتیپ با ژنوتیپ‌های MCC427 و MCC392 در یک گروه آماری قرار گرفت. از طرف دیگر، ژنوتیپ‌های MCC358 و MCC361 در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی در این تحقیق، پایین‌ترین شاخص سبزینگی را از خود نشان دادند (شکل ۶). با توجه به این‌که کلروفیل‌مترِ SPAD-502 تخمینی از مقدار کلروفیل پهنک برگ است (Arshadi, 2008; Abbasi, 2020)، لذا به نظر می‌رسد که برخی از ژنوتیپ‌های نخود از قابلیت بالاتری برای سنتز کلروفیل در برگ‌های خود برخوردار باشند.

الگوی تجمع ماده خشک

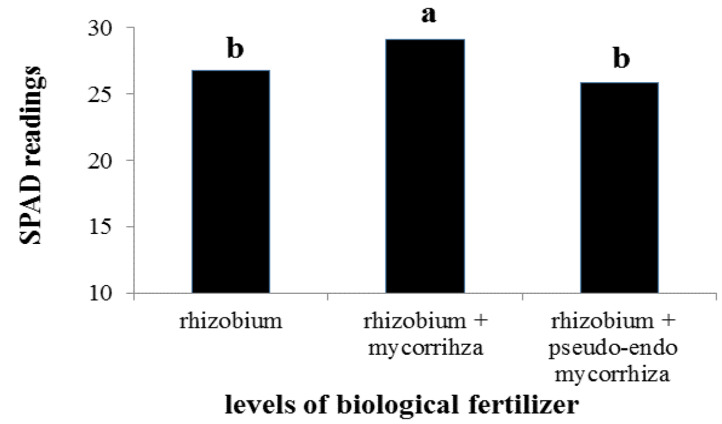
به‌طور کلی روند تجمع ماده خشک در بین تیمارهای مختلف در این تحقیق، مشابه یکدیگر و به صورت سیگموئیدی بود (شکل ۷-A). در کلیه تیمارهای آزمایش الگوی تجمع ماده خشک به گونه‌ای بود که کمی قبل از رسیدگی فیزیولوژیک، از وزن خشک تمام تیمارها کاسته شد که می‌توان این موضوع را به زردشدن و ریزش برگ‌ها و تشدید رقابت در اواخر فصل رشد نسبت داد (Khaje Poor, 2004; Koocheki & Sarmad Nia, 2008). مقایسه الگوی تجمع ماده خشک در بین سطوح مختلف کود زیستی، نشان داد که در نمونه‌گیری اول اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت، اما از نمونه‌گیری دوم به بعد، بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مشاهده شد و کاربرد تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی گردید و این روند تقریباً تا انتهای فصل رشد ادامه داشت. به عبارت بهتر، از نمونه‌گیری دوم به بعد و با حرکت به سمت انتهای فصل رشد، برتری تیمار ریزوبیوم و میکوریزا بیشتر شد، به‌طوری‌که در انتهای فصل رشد، برتری تیمار ریزوبیوم و میکوریزا کاملاً محسوس بود (شکل ۷-A). نتایج این آزمایش نشان داد که نخود گیاهی است که به خوبی به مصرف تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا پاسخ مثبت نشان می‌دهد و با مصرف این کودهای بیولوژیک، رشد اندام هوایی آن افزایش می‌یابد. چنین بر می‌آید که همزیستی سه‌گانهٔ گیاه، باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا می‌تواند اثربخشی چشمگیری در ماده خشک تولیدی گیاه نخود داشته باشد.

---

۱. *Bacillus lentus*

۲. *Pseudomonas putida*

۳. *Trichoderma harzianum*

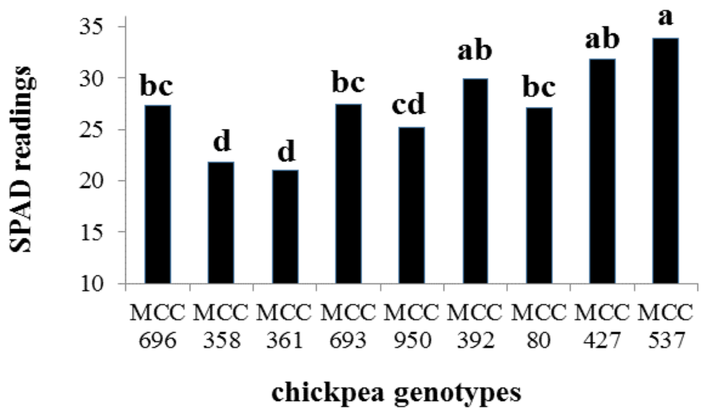


شکل ۵- اثر سطوح کود زیستی بر روی شاخص سبزینگی برگ نخود

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 5. Effect of biological fertilizer on SPAD reading of chickpea leaf

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 1%.



شکل ۶- اثر ژنوتیپ بر روی شاخص سبزینگی برگ نخود

میانگین‌های دارای یک حرف مشترک، بر اساس آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد با یکدیگر ندارند.

Fig. 6. Effect of chickpea genotypes on SPAD reading of chickpea leaf

Means that have at least one common letter, have not significantly different together based on multiple Duncan's test at 1%.

نتایج مشابهی توسط محققان دیگر گزارش شده است که مؤید تأثیر مثبت کاربرد تلفیقی کودهای زیستی بر روی عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. Rodelas *et al,* (1999) نیز در آزمایشی کاربرد جداگانه و تلفیقی کودهای زیستی باکتری های ریزوبیوم (سویه لگومینوزاریوم[1]) و ازتوباکتر (گونه چروکوکوم[2]) را بر روی گیاه باقلا مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها اظهار داشتند که اثر کاربرد تلفیقی این کودها بر روی افزایش وزن خشک اندام هوایی باقلا به مراتب بیشتر از کاربرد کود ریزوبیوم به تنهایی بود. Rezvami *et al,* (2009) نیز در تحقیقات خود با بررسی اثر چهار سویهٔ میکوریزای

۱. *Rhizobium leguminosarum*

۲. *Azotobacter chroococcum*

Glomus mosseae، *G. etanicatum*، *G. intraradices* و ترکیبی از *G. mosseae*، *G. fasciculatum* و *Gigaspora hartiga* بر روی گیاه یونجه، به نقش مثبت میکوریزا بر روی خصوصیات زراعی گیاه یونجه اشاره کرده و در این بین، اثر سویهٔ *G. mosseae* را بر روی این خصوصیات (از جمله وزن خشک اندام هوایی) بیشتر از سویه‌های دیگر دیدند. در بررسی روند تجمع ماده خشک در بین ژنوتیپ‌های نخود، برتری ژنوتیپ‌های MCC537 و MCC427 از نمونه‌گیری دوم به بعد کاملاً محسوس بود، چرا که این دو ژنوتیپ، در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها در مراحل مختلف نمونه‌گیری، برتری چشمگیری از نظر ماده خشک تولیدی داشتند (شکل ۷-B). به نظر می‌رسد که این دو ژنوتیپ از پتانسیل بالاتری برای تولید ماده خشک در طول فصل رشد برخوردار باشند.

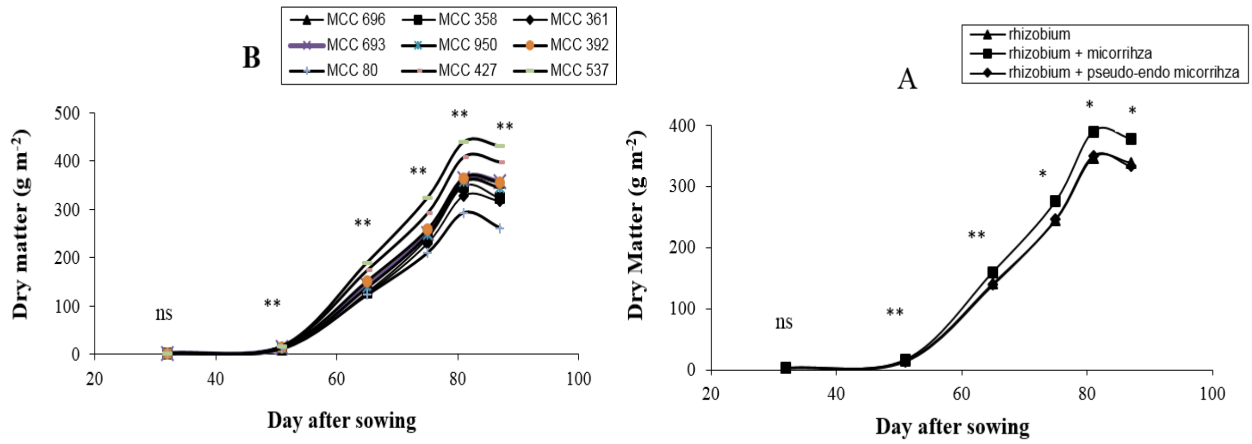
شاخص سطح برگ

روند شاخص سطح برگ، همانند الگوی تجمع مادهٔ خشک، به گونه‌ای بود که کمی قبل از رسیدگی فیزیولوژیک، از سطح برگ تمام تیمارها کاسته شد که می‌توان این موضوع را به پیرشدن و ریزش برگ‌ها و تشدید رقابت در اواخر فصل رشد نسبت داد (Khaje Poor, 2004; Koocheki & Sarmad Nia, 2008). بررسی روند شاخص سطح برگ در بین سطوح مختلف کود زیستی، نشان داد که در نمونه‌گیری‌های اول، چهارم و پنجم اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت و در نمونه‌گیری‌های دوم، سوم و ششم، بیشترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا مشاهده شد و کاربرد تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا سبب افزایش شاخص سطح برگ گردید. علاوه بر این، پایش روند شاخص سطح برگ در انتهای فصل رشد بازگوکنندهٔ افزایش سطح زیرین منحنی شاخص سطح برگ در تیمار ریزوبیوم و میکوریزا بود که البته این مهم، در نمونه‌گیری پنجم غیرمعنی‌دار و در نمونه‌گیری ششم معنی دار بود (شکل ۸-A). این موضوع مبین آن است که مصرف ریزوبیوم و میکوریزا علاوه بر افزایش شاخص سطح برگ، می‌تواند تا حدی در ارتقای دوام سطح برگ نیز مؤثر باشد. همچنین در بررسی روند شاخص سطح برگ در بین ژنوتیپ‌های نخود، برتری ژنوتیپ MCC537 و پس از آن، ژنوتیپ‌های MCC427 و MCC392 از نمونه‌گیری دوم به بعد کاملاً محسوس بود (شکل ۸-B). از طرف دیگر، ژنوتیپ MCC80 هم از نظر الگوی تجمع ماده خشک و هم از نظر روند شاخص سطح برگ، پایین‌ترین منحنی را به خود اختصاص داد. این موضوع نشان‌دهندهٔ داشتن جثهٔ کوچک و احتمالاً زودرسی برای این ژنوتیپ می‌باشد و بازگوکنندهٔ آن است که شاید این خصوصیات بتوانند تحت شرایط برخی از تنش‌های محیطی، با وجود پایین‌بودن ماده خشک تولیدی، از کاهش چشمگیر عملکرد ممانعت کرده و تا حدی در ثبات عملکرد آن مؤثر باشند.

عملکرد دانه

اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بر این اساس، ژنوتیپ MCC537 در شرایط مصرف ریزوبیوم به همراه میکوریزا، با عملکرد دانهٔ ۲۷۳۰ کیلوگرم در هکتار به‌طور معنی‌داری بیشترین عملکرد را از خود نشان داد (جدول ۴). ضمن آن که این ژنوتیپ، در شرایط مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و همچنین مصرف ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزا، عملکرد بالایی را از خود نشان داد و مقادیر عملکرد آن در این سطوح تیماری، در رتبه بعدی قرار داشتند (جدول ۴). به‌طور کلی تقریباً عملکرد کلیهٔ ژنوتیپ‌ها در تیمار مصرف تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا بیشتر از عملکردهای آن‌ها در تیمارهای مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و مصرف تلفیقی ریزوبیوم و شبه‌میکوریزای داخلی بود. این نتایج، بازگوکنندهٔ موفقیت همزیستی سه‌گانهٔ گیاه نخود، ریزوبیوم و میکوریزا و نیز نقش بهتر میکوریزا در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و توزیع مناسب‌تر آن‌ها بین اندام‌های فتوسنتزی و مخازن نخود در مقایسه با دو تیمار دیگر می‌باشند.

در همین راستا، Zaidi *et al,* (2003) گزارش نمودند که استفاده از ریزوبیوم به همراه میکروارگانیسم‌های حل‌کنندهٔ فسفات و قارچ میکوریزای‌آرباسکولار، باعث افزایش وزن خشک گره ریزوبیوم می‌شود که خود می‌تواند افزایش عملکرد دانهٔ نخود را به همراه داشته باشد. در تحقیقی دیگر، Rezvani *et al,* (2009) طی بررسی اثر چهار سویه قارچ میکوریزا بر روی خصوصیات زراعی و فیزیولوژیک یونجه، اظهار داشتند که کاربرد میکوریزا تأثیر مثبتی بر روی بهبود عملکرد و خصوصیات زراعی گیاه یونجه داشت و در این بین، اثر سویهٔ *G. mosseae* بر روی این خصوصیات بیشتر از سایر سویه‌های به کاررفته در این تحقیق بود. آن‌ها این موضوع را به تأثیر سویهٔ *G. mosseae* بر جذب بهتر آب و مواد غذایی به ویژه فسفر نسبت دادند.

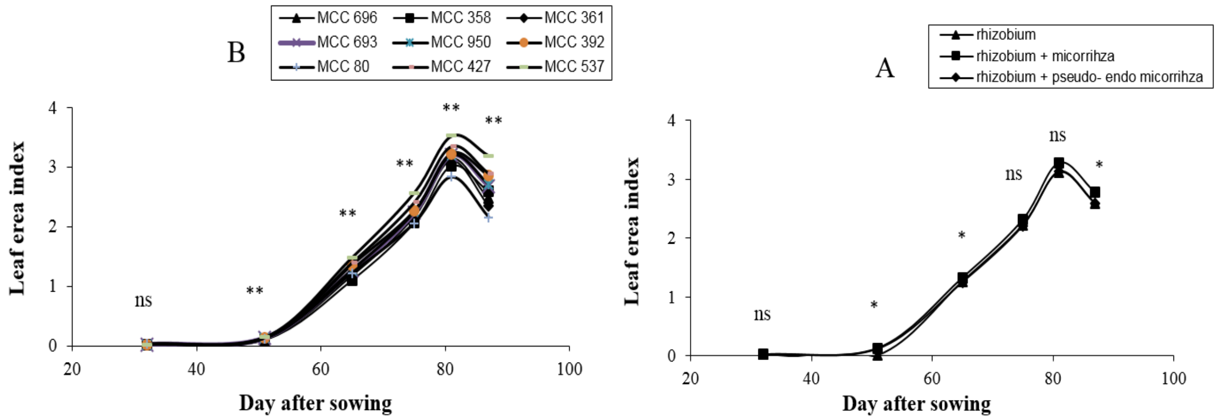


شکل ۷- روند تغییرات ماده خشک بوته در سطوح مختلف کود زیستی (A) و ژنوتیپ‌های نخود (B)

ns، ** و *: به ترتیب به مفهوم غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک درصد و پنج درصد

Fig. 7. Variations process of dry matter at different levels of biofertilizer (A) and chickpea genotypes (B)

ns, ** and *: Non-significant and significant at 1% and 5% level, respectively



شکل ۸- روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف کود زیستی (A) و ژنوتیپ‌های نخود (B)

ns، ** و *: به ترتیب به مفهوم غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح یک درصدو پنج درصد

Fig. 8. Variations process of leaf erea index at different levels of biofertilizer (A) and chickpea genotypes (B)

ns, ** and *: Non-significant and significant at 1% and 5% level, respectively

عملکرد بیولوژیک

اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی عملکرد بیولوژیک آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین ترتیب که عملکرد بیولوژیک در ترکیب ژنوتیپ MCC537 همراه با مصرف کود ریزوبیوم به همراه میکوریزا به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول۴)، به‌طوری‌که تنها در این تیمار، عملکرد بیولوژیک، بیش از ۷۰۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و در سایر ژنوتیپ‌ها، مقدار این صفت حتی به ۶۶۰۰ کیلوگرم در هکتار هم نرسید. به‌طور کلی تقریباً عملکرد بیولوژیک کلیۀ ژنوتیپ‌ها در تیمار مصرف تلفیقی ریزوبیوم و میکوریزا بیشتر از عملکردهای بیولوژیک آن‌ها در تیمارهای مصرف ریزوبیوم (به تنهایی) و

مصرف تلفیقی ریزوبیوم و شبه‌میکوریزای داخلی بود. به نظر می‌رسد که در سه رابطهٔ همزیستی مورد بررسی در این تحقیق، رابطهٔ همزیستی سه‌گانهٔ گیاه نخود، ریزوبیوم و میکوریزا موفق‌تر عمل کرده و میکوریزا نقش بهتری در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و توزیع مناسب‌تر آن‌ها بین اندام های فتوسنتزی نخود در مقایسه با دو تیمار دیگر داشته است. چنین استنباط می‌شود که همزیستی میکوریزایی تأثیر بهتری بر جذب آب و مواد غذایی و نیز فتوسنتز گیاه نخود داشته و این موضوع موجب افزایش بیوماس بوته و در نهایت عملکرد بیولوژیک گیاه نخود گردیده است. این نتایج با یافته‌های Rezvani *et al*, (2009) و Darzi *et al*, (2009) که به ترتیب اثر میکوریزا را بر روی عملکرد بیولوژیک گیاهان یونجه و رازیانه بررسی کردند، هماهنگ است.

شاخص برداشت

اثر متقابل سطوح کود زیستی و ژنوتیپ‌های نخود بر روی شاخص برداشت آن در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بدین صورت که ترکیب ژنوتیپ MCC80 و ریزوبیوم به همراه میکوریزا بیشترین شاخص برداشت را نشان داد. هرچند که این تیمار با تیمارهای ژنوتیپ MCC392 و ریزوبیوم به همراه میکوریزا، ژنوتیپ MCC80 و ریزوبیوم (به تنهایی)، ژنوتیپ MCC427 و مصرف ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی و ژنوتیپ MCC537 و ریزوبیوم به همراه شبه‌میکوریزای داخلی در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که تولید ماده خشک کمتر و در عین حال، کاهش ناچیز عملکرد دانه در ترکیب ژنوتیپ MCC80 و ریزوبیوم به همراه میکوریزا سبب افزایش نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک و به دنبال آن افزایش شاخص برداشت این تیمار شده است. با توجه به افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در ترکیب کودی ریزوبیوم و میکوریزا، افزایش شاخص برداشت در این تیمار منطقی به نظر می‌رسد و از تفسیر نتایج این پژوهش، چنین استنباط می‌شود که همزیستی سه‌گانهٔ نخود، ریزوبیوم و میکوریزا، یک رابطهٔ مسالمت آمیزِ موفق بوده که می‌تواند در افزایش عملکرد و ارتقای سطح تولید نخود مؤثر باشد.

Golubkina *et al*, (2020) در تحقیقات خود در دانشگاه شهر ناپولی ایتالیا به بررسی تأثیر کاربرد قارچ آرباسکولار میکوریزا و برخی عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود پرداختند. این محققان گزارش کردند که کاربرد عناصر ریزمغذی به تنهایی تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت گیاه نخود نداشت. اما کاربرد آن‌ها به همراه قارچ میکوریزا سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و شاخص برداشت آن گردید. آن‌ها دلیل این پدیده را به توانایی میکوریزا در به‌فرم‌قابل‌جذب‌درآوردن عناصر غذایی و جذب به‌موقع آن‌ها توسط گیاه نسبت دادند.

نتیجه‌گیری

یافته‌های تحقیق حاضر از برتری میکوریزای *Glomus mosseae* نسبت به دو تیمار شبه‌میکوریزای داخلی و شاهد در بهبود خصوصیات فیزیولوژیک نخود حکایت داشت؛ چرا که میکوریزای آرباسکولار از اواسط فصل رشد به‌طور معنی‌داری باعث افزایش سطح برگ و ماده خشک گیاه نخود شد و سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل‌های a و b، کاروتنوئیدها و سبزینگی برگ گردید. در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، MCC537، MCC427 و MCC392 تقریباً در اکثر صفات مورد بررسی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها برتری داشتند. در مجموع به نظر می‌رسد که کاربرد میکوریزای آرباسکولار به همراه گونه اختصاصی ریزوبیوم نخود می‌تواند سبب بهبود خصوصیات فیزیولوژیک نخود و در نهایت عملکرد دانهٔ این محصول گردد. با توجه به اثربخشی بهتر میکوریزای *Glomus mosseae* و برتری سه ژنوتیپ مذکور از نظر صفات فیزیولوژیک و عملکردی، مطالعه تأثیر سایر سویه‌های جنس *Glomus* بر روی این سه ژنوتیپ پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. Abbasi, Z. 2020. Evaluation of sugar beet monogerm O-type lines for salinity tolerance at vegetative stage. African Journal of Biotechnology 19(9): 602-612.
2. Abrishamchi, P., Ganjeali, A., and Sakeni, H. 2012. Evaluation of morphological triats, proline content and antioxidant enzymes activity in chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 3(2): 17-30. (In Persian with English Summary).

3. Alimadadi, A., Jansuz, M.R., Besharati, H., and Tavakol Afshari, R. 2010. Evaluate the effect of phosphate-solubilizing microorganisms, mycorrhiza and seed priming on nodulation in chickpea. Journal of Soil Research 24(1): 43-51. (In Persian with English Summary).
4. Arshadi, M.J. 2008. Effect of nitrogen topdress fertilizer application by using chlorophyll meter on yield and quality of potato (*Agria cv.*). M.Sc. Thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
5. Arshadi, M.J., Parsa, M., Lakzian, A., and Kafi, M. 2017. Evaluation of the effect of chickpea seeds inoculation with rhizobium, arbuscular mycorhiza and like-endo mycorhiza on yield and yield components of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 8(2): 109-125. (In Persian with English Summary).
6. Asadi Rahmani, H., Asgharzadeh, A., khavazi, K., Rejali, F., and Savaghebi, G.R. 2007. Siol Biological Fertility. Publication of Jahad Daneshgahi. 311 pp. (In Persian).
7. Baltruschant, H., Fodor, J., Harrach, B.D., Niemczyk, E., Barna, B., Gullner, G., Janeczko, A., Kogel, K., Schafer, P., and Schwarczinger, I. 2008. Salt tolerance of barley induced by the root endophyte *Piriformospora indica* is associated with a strong increase in antioxidants. New Phytologist 180: 501-510.
8. Darzi, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Crop Sciences 10(1): 88-109. (In Persian with Enlish Summary).
9. Diouf, D., Diop, T.A., and Ndoye, I. 2003. Actinorhizal, mycorhizal and rhizobial symbioses: how much do we know? African Journal of Biotechnology 2(1): 1-7.
10. Farshadfar, A., and Javadi Niya, J. 2011. Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for drought tolerance. Breeding Seed and Plant Journal 1-27(4): 517-537. (In Persian with English Summary).
11. Ford Denison, R., and Toby Kiers, E. 2011. Life histories of symbiotic rhizobia and mycorrhizal fungi, a Review. Current Biology 21(18): 775-785.
12. Ganjeali, A., and Bagheri, A.R. 2010. Evaluation of root morphological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in response to drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 1(2): 101-110. (In Persian with English Summary).
13. Ganjeali, A., Joveynipour, S., Porsa, H., and Bagheri, A.R. 2011a. Sellection for drought tolerance in Kabuli chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) in Neyshabour region. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 27-38. (In Persian with English Summary).
14. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A.R. 2011b. Response of yield and morphophysiological characteristics of earliness chickpea genotype (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 65-80. (In Persian with English Summary).
15. Ghalavand, A., Mohammadi, Kh., Aghaalikhani, M., Sohrabi, Y., and Heydari, Gh. 2012. Effects of different organic and biological fertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) 94: 41-49. (In Persian with English Summary).
16. Golubkina, N., Gomez, L.D., Kekina, H., Cozzolino, E., Simister, R., Tallarita, A., Torino, V., Koshevarov, A., Cuciniello, A., Maiello, R., Cenvinzo, V., and Caruso, G. 2020. Joint selenium-iodine supply and arbuscular mycorrhizal fungi inoculation affect yield and quality of chickpea seeds and residual biomass. Plant Journal 9(804): 1-18.
17. Harrach, B.D. 2009. Abiotic and biotic stress effects on barley and tobacco plants. Plant Protection Institute of the Hungarian Academy of Sciences in Budapest.
18. IBPGR., ICRISAT and ICARDA. 1993. Description for Ckickpea (*Cicer arietinum* L.). Printed by ICRISAT.
19. Izadi Darbandi, A., and Akram, L. 2012. Investigate the effect of Pyridate, bentazon and Imazethapyr herbicide on growth, nodulation and biological nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 94-105. (In Persian with English Summary).
20. Kafi, M., Bagheri, A., Nabati, J., Zare Mehrjerdi, M., and Masoumi, A. 2010. Investigation of the effect of salinity stress on some physiological variables of 11 chickpea genotypes in hydroponic environment. Journal of Greenhouse Culture Science and Technology 1(4): 70-55. (In Persian with English Summary).

21. Kamaei, R. 2014. Effects of plant species and biological, chemical fertilizers and manure on mycorrhiza infectivness under greenhouse conditions. M.Sc. Thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
22. Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K.G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in foeniculum vulgare Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bio-Resource Technology 93: 307-311.
23. Kari Dolatabadi, H., and Mohamadi Galtapeh, E. 2010. In vivo biological activity of Piriformospora indica, Sebacina vermifera and *Trichoderma* spp. against *Fusarium* wilt of lentil. Plant Protection Journal 2(2): 127-143. (In Persian with English Summary).
24. Khaje Poor, M.R. 2004. Principles of Agronomy. Jihad Daneshgahi Publications of Esfahan. (In Persian).
25. Koocheki, A., and Sarmad Nia, Gh. 2008. Crop Physiology. Publications of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
26. Koocheki, A., Zand, A., Banayan, M., Rezvani Moghadam, P., Mahdavi Damghani, A., Jami Alahmadi, M., and Vesal, S. 2005. Plant Eco-Physiology. Vol. 2. Publications of Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
27. Kumar, V., Sahai, V., and Bisaria, V.S. 2011. High-density spore production of *Piriformospora indica*, a plant growth-promoting endophyte, by optimization of nutritional and cultural parameters. Bioresource Technology 102: 3169-3175.
28. Mansoorifar, S., Shaban, M., Ghobadi, M., and Sabaghpoor, S.H. 2012. Physiological characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress and nitrogen fertilizer as starter. Iranian Journal of Pulses Research 3(1): 101-110. (In Persian with English Summary).
29. Mehr Puyan, M., and Shirani Rad, A.H. 2011. Comparing the biological nitrogen fixation efficiency, in native and non-native strains of *Rhizobium leguminosarum*; bv. phaseoli in common bean. Journal of Pulses Research 2(2): 7-18. (In Persian with English Summary).
30. Namvar, P. 2014. Evaluation of effects of Piriformospora indica on nitrogen and phosphorus uptake in corn. MSc. thesis of Faculty of Agriculture. Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Summary).
31. Naseri, R., Siyadat, A., Soleymani Fard, A., Soleymani, R., and Khosh Khabar, H. 2011. Effects of planting date and density on yield, yield components and protein content of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam province. Iranian Journal of Pulses Research 2(2): 7-18. (In Persian with English Summary).
32. Parsa Motlagh, B., Mahmudi, S., Siari, M.H., and Naghi Zadeh, M. 2011. Effect of Mycorrhiza and phosphorus fertilizer on the concentration of photosynthetic pigments and nutrients concentrations of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in saline stress conditions. Journal of Agroecology 3(2): 233-244. (In Persian with English Summary).
33. Prajapati, K., Yami, K.D., and Singh, A. 2008. Plant growth promotional effect of *Azotobacter chroococcum*, *Piriformospora indica* and vermicompost on rice plant. Nepal Journal of Science and Technology 9: 85-90.
34. Rasae, B., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M., and Najaphy, A. 2013. Reducing effects of drought stress by application of humic acid, Mycorrhiza and Rhizobium on chickpea. Journal of Agriculture and Crop Sciences 5-16: 1775-1778.
35. Rezvami, M., Ardakani, M.R., Rejali, F., Noor Mohamadi, Gh., Zafariyan, F., and Teymuri, S. 2009. The effect of different strains of mycorrhizal fungi on root characteristics and concentrations of phosphorus, potassium, iron, zinc on Alfalfa (*Medicagi sativa* L.). Journal of modern Knowledge of Agriculture 5(15): 55-67. (In Persian with English Summary).
36. Rodelas, B., GonzaÂlez-LoÂpez, J., Pozo, C., SalmeroÂn, V., and MartõÂnez-Toledo M.V. 1999. Response of faba bean (*Vicia faba* L.) to combined inoculation with *Azotobacter* and *Rhizobium leguminosarum* bv. Viceae. Applied Soil Ecology 12: 51-59.
37. Shrimant Shridhar, B. 2012. Review: nitrogen fixing microorganisms. International Journal of Microbiological Research 3(1): 46-52.
38. Singh, D.N., Massod Ali, R.I., and Basu, P.S. 2000. Genetic variation in dry matter partitioning in shoot and root influences of chickpea to drought. 3rd International Crop Science Congress 2000. Hamburg Germany.

39. Stein, E., Molitor, A., Kogel, K.H., and Waller, F. 2008. Systemic resistance in *Arabidopsis* conferred by the mycorrhizal fungus *Piriformospora indica* requires jasmonic acid signaling and the cytoplasmic function of NPR1. Plant Cell Physiology 49: 1747-1751.
40. Taiz, L., and Zeiger, E. 2006. Plant Physiology. Sinauer Associates. Inc. Publishers.
41. Talebi, R., Ensafi, M.H., Baghebani, N., and Karami, E. 2013. Physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes to drought stress. Environmental and Experimental Biology 11: 9-15.
42. Verma, S., Varma, A., Rexer, K., Kost, G., Sarbhoy, A., Bisen, P., Butehorn, B., and Franken, P. 1998. *Piriformospora indica*, gen: A new root-colonizing fungus. Mycologia 95: 896-903.
43. Waller, F., Achatz, B., Baltruschat, H., Fodor, J., Becker, K., Fischer, M., Heier, T., Huckelhoven, R.., Neumann, C., Wettstein, D., Franken, P., and Kogel, K.H. 2005. The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. Proceeding of the National Academy of Science 102: 13386-13391.
44. Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. Journal of Plant Physiology 144: 307-313.
45. Zaidi, A., Khan, M.S., and Amil, M. 2003. Interactive effects of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). European Journal of Agronomy 19: 15-21.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 12, No. 2, December 2021, p. 104-121 (Original Research Article)

Effects of arbuscular mycorrhiza and pseudo-endo mycorrihza symbiosis on seed yield and some physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes

Arshadi[1*], Mohammad Javad; Parsa[2], Mahdi; Lakzian[3], Amir; and Kafi[4], Mohammad

1. Ph.D Graduated of Crop Physiology, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2. Associate Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; parsa@um.ac.ir
3. Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad; alakzain@yahoo.com
4. Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad; mkafi36@yahoo.com

Received: 26 April 2020; **Revised:** 10 July 2020
Accepted: 2 January 2021; **Available Online:** 22 December 2021

DOI: 10.22067/ijpr.v12i2.86598

How to cite this article:
Arshadi, M.J., Parsa, M., Lakzian, A., and Kafi, M. 2021. Effects of arbuscular mycorrhiza and pseudo-endo mycorrihza symbiosis on seed yield and some physiological responses of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Iranian Journal of Pulses Research 12(2): 104-121.

Introduction

It has been proven that microorganisms such as mycorrhiza and rhizobium can improve the nutrients absorption in crops such as chickpea. Rhizobiums are effective to provide nitrogen by biological form in crops and mycorrhizal fungi are involved to supply biological phosphorus to the plants. Among them, the endo myccorihza (or Vesicular Arbuscular Mycorrhiza) that abbreviated VAM, in creation of symbiosis with the roots of crops such as legumes have been more successful. Of course, the mycorrhizal fungi and rhizobium bacteria before create symbiosis with host plant, directly affect in the overlay in rhizosphere environment of host plant. Creating colonies in the roots by mycorrhizal fungi leads to conducive for forming nodulation of rhizobium. Studies have shown that the VAM_s (which are newly named AMF (Arbuscular Mycorrhizal Fungi)) are generally belongs to *Zigomaycota* groups and ecto-myccorihza are mainly to *Basidiomaycota*. But recently a new species of *Basidiomaycota* has been identified with name of *Piriformospora indica* that acts as AMF and is an entophyte fungus (or pseudo endo mycorrihza). It seems that this symbiotic relationship between plants, mycorrhizal and rhizobium can be either normal or adverse environmental conditions, is effective in promoting the product of crop. In Iran, among pluses, chickpea has been allocated the most area under cultivation. Meanwhile, the average yield of irrigated and dryland chickpea is about 1000 and 500 kg ha^{-1}, respectively and Iran is located the lowest ranking among the countries producing this product. Thus, the triplet symbiosis of chickpea, mycorrhiza and rhizobium and also chickpea genotypes response to this symbiosis were examined in this research.

Materials and Methods

This study was conducted to investigate the inoculation of Kabuli seeds of chickpea genotypes with arbuscular mycorrhiza and pseudo endo mycorhiza, in split plot by arrangement of two factors with a randomized complete block design and three replications in Research Field, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad in 2014. Main plots were consisted of three levels of mycorhiza (arbuscular

*** Corresponding Author:** javad_arshadi24@yahoo.com

mycorhiza of *Glomus mosseae*, pseudo endo mycorhiza of *Piriformospora indica* and non-used mycorhiza) and sub plots were consisted of nine genotypes of chickpea: MCC80, MCC358, MCC361, MCC392, MCC427, MCC537, MCC693, MCC696 and MCC950. These genotypes had good yield potentials and selection and presented in the studies on germplasm from the Institute of Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad seed bank. Before the sowing, all seeds of genotypes were infected to the symbiotic rhizobium bacteria of chickpea. During the growing season, traits of chlorophyll a and b, carotenoids, SPAD readings and protein of plant tissues were measured and by measuring dry matter and leaf area, their process was investigated under different treatments. Also, at the end of the growing season, seed yield of genotypes was measured.

Results and Discussion

The results indicated that *G. mosseae* significantly increased seed yield and dry matter of chickpea since mid-season upward compared to other treatments. Arbuscular mycorrhiza significantly increased chlorophyll a and chlorophyll b, carotenoids and SPAD readings. Also the most protein of plant tissues belonged to the factor of arbuscular mycorrhiza in two genotypes of MCC537 and MCC427. The combined application of rhizobium and mycorrhiza increased leaf area index. Evaluation of leaf area index process at the end of the growing season showed an increase in the lower range of leaf area index curve in rhizobium and mycorrhiza treatments, which was not significant in the fifth sampling and was significant in the sixth sampling. Among study genotypes, MCC537 showed the highest seed yield and higher dry matter than other genotypes during the growing season at harvest time. The most content of carotenoids and SPAD readings were in genotypes of MCC537, MCC427 and MCC392.

Conclusion

It seems that application of pseudo endo mycorrhiza had not significant effect on the absorption of seed yield in chickpea. But application of *G. mosseae* along with rhizobium can improve the physiological traits and seed yield of chickpea. Also, in a general conclusion, among the studied genotypes, MCC 537 and MCC 427 were better than the others.

Keywords: Carotenoid، Chlorophyll، SPAD reading